

## Oxigénhiány a talajokban és ennek hatása a talaj tulajdonságaira

I. P. GRECSIN

*Tyimirjazes Mg Akadémia Talajtani Tanszék, Moszkva*

Az oxigén a legelterjedtebb kémiai elem a földön és óriási a jelentősége mind az élettelen, mind az élő természetben. Alapvetően befolyásolja a redox folyamatokat a talajban is és elengedhetetlen ahhoz, hogy a nagy termések elérése érdekében megfelelő mennyiségű tápanyag és folyadék álljon a növények rendelkezésére. Talajokban kisebb vagy nagyobb mértékben előfordulhat az oxigén hiánya. Azonban, hogy ennek az oxigénhiánynak milyen a mértéke és a talajtani folyamatokra milyen konkrét hatást gyakorol a növényi élet szempontjából, továbbá, hogy az oxigén milyen koncentrációja kívánatos a talajban és mely koncentrációt tekinthetjük elégtelennek, sok esetben egyáltalán nem ismeretesek. Ezeknek a problémáknak a tisztázása nemcsak elméletileg, hanem gyakorlatilag is jelentős. A kérdés tisztázásához közelebb jussunk, kísérleteket végeztünk a Szovjetunió erdős területeinek talajviszonyai között. Az általunk nyert anyagok azt mutatják, hogy a gyepes podzol talajok szántott szintjében normális nedvességtartalmú talajban az oxigén mennyisége a vegetációs periódusban (április—október) általában nem süllyed a talaj gázfázisának 16—18%-alá. Ezt az állítást jól bizonyítják az 1. táblázat adatai. Ezen a táblázaton ábrázoltuk az oxigén meghatározások eredményeit a talaj gázfázisában és a vizsgálati időben a talajok redox potenciálját is mértük. Meg kell jegyezni, hogy a mérések időpontjában az esőzések miatt a talaj eléggé nedves volt. Ennek ellenére ez a tény a gázcserét nem nagyban befolyásolta. Így az oxigén mennyisége a talajban nem süllyedt 15,9%- alá és a talajban általában aerob folyamatok maradtak uralkodók, amelyet az aránylag magas redox potenciál értékek is mutatnak.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a talajmorzsák gázfázisában általában 2—3%-kal kevesebb az oxigén, mint az aggregátumok közötti térségekben. Következésképpen az előzőeknek oxigéntartalma egész 13—15%-ig süllyedhet. A legkisebb átmérőjű kapilláris pórusokban az oxigén tartalom még kisebb értékeket vehet fel. Megfigyeléseink, amellet BOUSSINGAULT [4] DOJARENKO [3], RUSSEL [11], MACKIEVICS [9], TURLJUN [13] és mások megfigyelései azt mutatják, hogy az átlagosan benedvesedett talajokban az oxigén nem süllyed 10—15%- alá.

Azokban az esetekben azonban, amikor a felső talajszintek víztartalomig benedvesednek a gázcsere a talaj és az atmoszféra levegője közt teljesen megváltozhat és ilyen esetekben a mélyebb, kevésbé nedves szintekben az oxigén mennyiségének jelentős csökkenése állhat elő. A kotlaszkij körzetben az archangelszki területen megfigyeltük, hogy az őszi rozs alatt az oxigén mennyisége a talaj gázfázisában egészen 5—6%-ig csökkent, a réten pedig gyepes agyag talajokban 2—3%-ig és ezzel egyidejűleg a CO<sub>2</sub> mennyisége 19—20%-ra nőtt a talaj gázfázisában [5]. Ilyen viszonyok között a morzsákban az oxigén mennyisége még kisebb értéket vehet fel.

Ilyen módon mi azt tapasztaljuk, hogy a talaj levegőben levő oxigén igen széles határok között változhat. A felső, jól szellőző talajszintekben az oxigén mennyisége az atmoszférában levő arányhoz közledik, azonban a túl bő nedvesség alatt álló talajokban tízed százaléknyi értékekre csökkenhet. További kérdés, hogy miként mutatkozik meg a talaj különböző oxigén ellátásának hatása a talaj sajátosságain. Ennek a kérdésnek tisztázására modell kísérleteket, valamint helyszíni megfigyeléseket végeztünk.

## 1. táblázat

**Az oxigén mennyisége (térfogat százaléka) a sesapovi tangazdaság nehéz agyagos gyeves podzol talajának gázfázisában 1960. augusztus**

(1) Mintavétel mélysége cm	(2) Tavaszi búza (tarló)		(3) Kukorica		(4) f.velő fűvek	
	O <sub>2</sub>	rH <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	rH <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	rH <sub>2</sub>
0—10	20,0	30,5	18,7	30,6	18,7	30,4
20—30	20,2	32,1	16,2	31,6	16,8	31,6
45—55	18,6	32,6	17,2	31,9	15,9	31,9

A 2. táblázaton láthatók egy modell kísérlet eredményei, amelyben arra törekedtünk, hogy bemutassuk az aerob és anaerob viszonyok hatását egy gyeves podzol talajra Moszkva környékén. Az aerob körülményeket úgy állítottuk elő, hogy a talajon keresztül gázkeveréket áramoltattunk át, melynek összetétele 800/0 nitrogén és 200/0 oxigén volt. Az anaerob viszonyokat úgy állítottuk elő, hogy 99,50/0 nitrogén és csak 0,50/0 oxigént tartalmazó gázkeveréket áramoltattunk át a modelleken. Anaerob viszonyokat ugyancsak reprodukáltunk különböző mértékű nedvesítéssel a talajokban [3].

Mint a 2. táblázat adatai mutatják, a kísérlet 30 napja alatt az anaerob viszonyok közt jelentős mennyiségű kétvegyértékű vas vegyület keletkezett, csökkent a növények számára felvehető foszfát mennyisége, nitrátok pedig nemcsak nem képződtek, hanem ezek mennyisége csökkent az eredeti mennyiséghez viszonyítva.

Az aerob körülmények között a nitrátok mennyisége növekedett, nem képződött kétvegyértékű vasvegyület és lényegesen magasabb értéket mutatnak a

## 2. táblázat

**Az anaerob és aerob viszonyok hatása a gyeves podzol talaj tulajdonságaira (szántott réteg)**

(1) Kezelések	(2) A vizes szuszpenzió pH-ja	(3) Eh mv	(4) Összes szén Knop szerint	(5) Két- vegyértékű vas (Fe <sup>++</sup> O) 0,1 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ben	(6) Nitrát nitrogén (N)	(7) Foszfór (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Csirikov szerint	
						I	II
Eredeti talaj.....	5,1		1,70	1,4	1,2	9,9	19,0
Anaerob körülmények 600/0 nedvességgel.....	6,5	135,0	1,55	158,0	—	3,8	13,5
Anaerob körülmények 1200/0 nedvességgel....	6,6	55,0	1,60	242,9	—	2,6	15,1
Aerob körülmények 600/0-os nedvességgel...	5,2	555,0	1,52	2,2	12,3	6,1	17,8

Nedvességtartalom a max. vízkapacitás 0<sub>0</sub>-ában van kifejezve.

növények számára felvehető foszfátok, mint anaerob viszonyok között. Anaerob viszonyok között az organikus vegyületek bomlásának nagyobb mértéke is.

A kísérlet egy másik sorozatában azt igyekeztünk kideríteni, hogy az anaerob körülmények közötti tartás időtartamától függően hogyan növekszik a talajmintákban a kétvegyértékű vas mennyisége, valamint a Csirikov szerinti I. és II. csoportba sorolható foszfátok mennyisége. Azt tapasztaltuk, hogy az idő előrehaladtával növekedett a kétvegyértékű vasvegyületek mennyisége, azonban a Csirikov szerinti felvehető foszfátok mennyisége csökkent. Már 15 napos anaerobiozis hatására a talajban egyáltalán nem találtunk nitrátokat, holott azokat a kontroll talajminta jelentős mértékben tartalmazott.

Az elmondottak további tisztázására sajátos kísérleteket folytattunk erdőtalajok felső szintjében [2], amelyek a következő eredményeket mutatták. Az anaerob körülmények között képződött kétvegyértékű vasvegyületek átalakultak három vegyértékű vasvegyületekké, mielőtt az anaerob körülményeket aerob körülményekkel cseréltük fel. Ugyancsak megváltozott a foszfátok csoportosítása is, mivel aerob körülmények között az I. és II. csoportban mért, Csirikov szerint meghatározott foszfátok mennyisége megnövekedett. Az aerobiozis határozott mértékű tevékenységet fejtett ki nitrifikáló baktériumok fejlődésére. Mind a helyszíni, mind a laboratóriumi vizsgálatok azt mutatták, hogy már egy aránylag rövid, 15–30 napos anaerobiozis mély nyomokat hagy a talaj tulajdonságaiban.

A szerző, valamint CSEN JUN SEN [7] vizsgálatai azt mutatják, hogy a növények igen érzékenyek már a talajokban előforduló időszakos anaerobiozisa is. Így pl. a tavaszi búza, amely jó talajlevegőzés mellett normálisan fejlődik, azonban a fejlődés során időleges anaerob körülményeket kénytelen elszenvedni további fejlődése során már nem tudja utolérni a végig aerob körülmények között fejlődött búzáét. Elmaradása megmutatkozik mind a gyökértömeg mennyiségében, mind pedig a termésben.

CŠERNYENKOV [2] tenyészedény kísérletekben, valamint szabadföldi kísérletekben ugyancsak azt tapasztalta, hogy a talajlevegő oxigén tartalmának csökkenésével, amely túlbő nedvesség hatására állt elő, a cukorrépa növekedése határozottan csökken és még azok az anaerob folyamatok is, amelyek a talajokban a vetés előtt játszódtak le, kedvezőtlen hatást gyakorolnak a cukorrépa későbbi fejlődésére.

A talaj túlbő nedvessége, amely az anaerob folyamatok kifejlődéséhez vezet, kedvezőtlen hatást gyakorol a talajokra nemcsak a gyepek podzol talajok esetében, hanem más talajtípusoknál is. Így pl. modellkísérletekben SZABOLCS, MÁTÉ, MOLNÁR és KOCHNÉ [12] bebizonyították, hogy túlbő nedvesség mellett az öntözött réti talaj Szarvas környékéről változásokat szenvedett, csökken a humusz tartalma, megnövekszik a kétvegyértékű vasvegyületek mennyisége, sőt szódaképződés és kénhidrogén képződés, valamint szikesedés is előállhat.

JARKOV [8] munkái azt bizonyítják, hogy az anaerob folyamatok a podzol talajok genetikájára és termelékenységére egyaránt jelentős befolyást gyakorolnak. Ez az állítás megegyezik Viljamsz azon megállapításával, hogy az anaerob és aerob folyamatok hatását a talaj kialakulásának, valamint termelékenységének tanulmányozásánál feltétlenül figyelembe kell venni.

A 3. táblázaton bemutatjuk kísérletünk egyik eredményét, amely azt mutatja be, hogy a talajban milyen oxigéntartalom esetén játszódtak le aerob és anaerob folyamatok és a gázfázis oxigéntartalmának koncentrációja hogyan befolyásolja a talajok néhány agronómiailag fontos tulajdonságát [6].

A táblázatból jól látható, hogy a vizsgált gyepes podzol talajokban az oxigén mennyiségének növekedésével a redox potenciál fokozatosan emelkedik. Az aerob és anaerob viszonyok határa az adott kísérletben 50% oxigéntartalomnál az  $rH_2$  26,5, 100% oxigénnél az  $rH_2$  28,2, 200%-nál pedig 29,4 volt.

A kétvegyértékű vas és nitrátok mennyisége a szaprofita anaerob mikroorganizmusoknak mennyisége és az organikus anyag lebontásának intenzitása ebben a kísérletben éppúgy, mint több más kísérletben azt mutatják, hogy az aerob és anaerob viszonyok közti elválasztás határai kb. 2,5–50% oxigéntartalomnál tapasztalhatók. Azonban gyakori eset, hogy még aránylag ilyen csekély oxigéntartalom esetén is az anaerob körülmények a talajban nem fejlődnek ki.

### 3. táblázat

A gyepes podzol talaj néhány tulajdonsága a gázfázis oxigén tartalmától függően

(1) Kezelések	(2) Talaj nedvesség %	$rH_2$	(3) A kísérlet 30 napja alatt kivált $CO_2$ mennyisége	(4) $FeO$ 0,1 n $H_2SO_4$	(5) Nitrát N	(6) $P_2O_5$ Csirikov szerint	(7) Mikroorganizmusok száma 1 g talajból hús-pepton agar-lemezen meghatározva (ezer)	
							anaerob	aerob
Kiindulási talaj ....	1,1				2,3	38,5		
100% $N_2$ .....	25,6	17,6	184	107,6	0,3	27,4	387	370
0,5% $O_2$ + 99,5% $N_2$ ..	25,8	18,7	514	74,2	0,2	32,7	779	389
2,5% $O_2$ + 97,5% $N_2$ ..	25,7	22,1	526	57,6	1,2	36,3	465	464
5% $O_2$ + 95% $N_2$ ..	25,9	26,5	650	15,2	2,4	38,6	413	816
10% $O_2$ + 90% $N_2$ ..	25,6	28,2	651	6,8	3,8	38,7	38	856
20% $O_2$ + 80% $N_2$ ..	25,8	29,4	651	1,7	4,7	39,0	11	878

Ez függ a talaj tulajdonságaitól, valamint a környezetétől is. Így pl. 2–4° C hőmérséklet esetében elegendő 0,50% oxigén a talaj gázfázisában ahhoz, hogy a talajban aerob folyamatok uralkodjanak. A talaj illuviális szintjében azonban az anyaközetekben, ahol jóformán teljesen hiányzik a mikroorganizmusok számára az energiát átadó anyag, még 15–20° C hőmérsékletnél is 0,50% oxigén biztosítja az aerob folyamatok fejlődését.

A fentebb ismertetett kísérleti adatok azt mutatják, hogy normális nedvességtartalommal rendelkező gyepes podzol talajokban a gázfázis oxigéntartalma általában nem süllyed az alá a határ alá, amelynél uralmon maradnak a talajban az aerob folyamatok. Meg kell azonban állapítani, hogy tavasszal vagy ősszel, sőt a nyári periódusban is hirtelen esők esetén a nehéz mechanikai összetételű talajokban vagy pedig a mikrodomborzat mélyebb elemein található talajokban felléphet a talajok gázfázisában az oxigénhiány. Ez a körülmény ilyen esetekben anaerob folyamatok felléptét okozhatja. Természetesen ezek a folyamatok a mezőgazdasági termelés szempontjából nem kívánatosak, sőt kimondottan károsak.

Midőn megjegyezzük azt, hogy a talajokban az anaerob folyamatok nem kívánatosak, egyidejűleg arra is rá kell mutatni, hogy bizonyos időleges anaerobiozis valószínűleg néha eszközül szolgálhat a talajban előforduló tápanyagok mozgása szempontjából is, sőt a vas és mangán esetén ezeknek könnyen oldható formái felszaporodhatnak anaerob viszonyok között és így növényi tápanyagul szolgálhatnak. Így pl. az egyes kiszáritott láptalajokon, ahol a szántott rétegben néha a nitrátok igen jelentős mennyisége található időleges anaerobiozis

segítségével, ezt a mennyiséget kellő mértékben lehet csökkenteni, illetve befolyásolni. Az elmondottak és néhány más megfontolás azonban nem változtat azon a tényen, hogy a talajok termékenysége szempontjából az aerob folyamatok sokkal kedvezőbbek, mint az anaerobok és az utóbbiak általában a talaj termékenységét csökkentik különösen a gypes podzol talajokon.

### Összefoglalás

A talaj gázfázisában az oxigén mennyisége jelentős határok közt ingadozik. A felső, jól szellőző szintekben az oxigén általában nem süllyed 18–20% alá, azonban túlbő nedvesség körülményei közt egyes talajszintekben néhány tized százalékra csökken.

A talaj kellő oxigén ellátottsága esetén az aerob folyamatok jutnak uralomra, ha pedig az oxigén mennyisége egy bizonyos határon alul van, akkor az anaerob folyamatok vagy túlságosan magas nedvességtartalom esetei válnak uralkodóvá, vagy pedig ha az optimális nedvesség ugyan megvan, de valamilyen okból kifolyólag a talaj gázfázisában az oxigén mennyisége kb. 2,5% alá esik.

Érkezett: 1963. június 15.

### Irodalom

- [1] BOUSSINGAULT, G. B.: Izbrannije proizvedenija po fiziologii rasztienii. Szelhozgiz. Moszkva. 1936.
- [2] CSERNYENKOV, A. D.: Dejsztvie vremennogo izbütocsnogo uvlaznenija na pocsvu i roszt rasztienij. Poesvovedenie. (8) 474–483. 1949.
- [3] DOJARENKO, A. G.: K izucseniju aeracii pocsvü. Izv. Moszk. Sz. H. Inszt. Moszkva. 1945.
- [4] GRECSIN, I. P.: Vlijanie aerobnüh i anaerobnüh uszlovij na izmemenie szvojsztv dernovo-podzolisztój pocsvü. (Po dannüm laboratornüh opütov). Izv. T. Sz. H. A. (3) 85–97. 1960.
- [5] GRECSIN, I. P.: Vlijanie aerobnüh i anaerobnüh uszlovij na szvojsztva dernovo-podzolisztój pocsvü (Po dannüm naturnüh isszledovanij). Dokl. T. Sz. H. A. **29**. 1957.
- [6] GRECSIN, I. P. & KOGOTKOV, A. J.: Opüt izucsenija k kiszlorodnogo rezsima v pocsvah dernovo-podzolisztój zonü. Izv. T. Sz. H. A. **5**. 187–196. 1959.
- [7] GRECSIN, I. P. & CSEN JÜN-SEN: Vlijanie razlicnoj koncentracii gazoobraznogo kiszloroda v pocsvennom vozduhe na okiszlitelno-vosztanovitelnüe uszlovija. Poesvovedenie. (7) 106–110. 1960.
- [8] JARKOV, Sz. P.: Obrazovanie podzolisztüh pocsv. Doklad k mezsdunarodnomu kongresszu pocsvovedov A. N. SSSR. Moszkva. 1954.
- [9] MACKJEVICS, V. B.: Rezsím uglekiszlotü v pocsvennom vozduhe. Voproszü travopolnoj szisztémü zemledelija, T. 2. Izd. A. N. SSSR. Moszkva. 1953.
- [10] POJASZOV, N. P.: Aeracija pocsv. „Osznovü agrofiziki”. Gosz. izd. fiz. -mat. literaturü. Moszkva. 1959.
- [11] RUSSEL, E.: Poesvennüe uszlovija i roszt rasztienij. Izd. Inosztr. literaturü. Moszkva. 1955.
- [12] SZABOLCS, I., MÁTÉ, F., MOLNÁR F. & KOCH, I.-NÉ: Szikesedési folyamatok vizsgálatá modell-kísérletekben. Agrokémia és Talajtan. **5**. 297–306. 1956.
- [13] TURLJUN, I. A.: Novüj metod pribory dlja isszledovanija gazoobmena v pocsvah. Poesvovedenie. (4) 72–80. 1952.

### Кислородная недостаточность и её влияние на свойства почвы

И. П. ГРЕЧИН

Кафедра почвоведения Московской с/х академии им. К. А. Тимирязева, СССР, Москва

#### Резюме

Содержание кислорода в почвенном воздухе может изменяться в весьма широком интервале. В верхних хорошо аэрированных горизонтах почв содержание кислорода обычно падает ниже 18–20%, а при избыточном увлажнении почв может снижаться до десятых долей процента.

При высокой обеспеченности кислородом в почве развиваются аэробные процессы, а при низкой-анаэробные. Анаэробные процессы развиваются при избыточном увлажнении почв, а при оптимальной влажности-при содержании кислорода в почвенном воздухе около 2,5%.

Анаэробные процессы в агрономическом отношении являются неблагоприятными, поэтому всеми возможными средствами необходимо добиваться их устранения. На дерново-подзолистых и других почвах можно ожидать высокого агротехнического эффекта от всех тех приемов обработки почвы и ухода за растениями, которые обеспечивают создание хорошей аэрации почвы, конечно, при одновременном учете других факторов жизни растений.

*Табл. 1.* Содержание  $O_2$  (в объемных процентах) в почвенном воздухе дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы. Август 1960 г. (1) Глубина взятия образцов в см. (2) Яровая пшеница (жнивье). (3) Кукуруза. (4) Многолетние травы.

*Табл. 2.* Влиянием аэробных и анаэробных условий на свойства дерново-подзолистой почвы (пахотного горизонта). (1) Варианты опыта. (2) pH водной суспензии. (3) Eh в мв. (4) Валовой углерод по Кюпу в %. (5) Железо ( $Fe_2O$ ) в 0,1 н.  $H_2SO_4$ . (6) Нитратный азот. (7) Фосфор по Чирикову.

*Табл. 3.* Изменение свойств дерново-подзолистой почвы в зависимости от концентрации газообразного кислорода. (1) Вариант опыта. (2) Влажность почвы в %. (3). Выделилось  $CO_2$  за 30 дней опыта. (4)  $FeO_2$  в 0,1 н.  $H_2SO_4$ . (5) Нитратов N. (6)  $P_2O_5$  по Чирикову. (7) Общее количество микроорганизмов на 1 гр. почвы, выращенных на МПА. (анаэробные, аэробные).

## Carence d'oxygène dans les sols et son effet sur leurs propriétés

I. P. GRETCHINE

Chaire de Pédologie de l'Académie d'Agriculture Timiriazev, Moscou

### Résumé

La quantité d'oxygène varie considérablement dans la phase gazeuse du sol. Dans les horizons supérieurs, bien aérés l'oxygène ne descend pas en général au-dessous de 18 à 20%, mais dans des cas d'humectation excessive il peut descendre dans certains horizons jusqu'à quelques dixièmes d'un pour cent.

Dans le sol suffisamment pourvu d'oxygène ce sont les phénomènes aérobies qui dominent, et dans le cas où l'oxygène reste sous un certain niveau les phénomènes anaérobies. Les phénomènes dominent sous des conditions d'humectation excessive ou bien dans le cas si bien que l'humectation soit optimale, mais la teneur en oxygène baisse pour une cause quelconque au-dessous de 2,5% près.

Les phénomènes aérobies sont défavorables au point de vue agronomique, par conséquent il faut les éviter par tous les moyens. Sur les sols podzoliques gazonneux et aussi sur d'autres types de sol l'on ne peut attendre un résultat favorable des interventions agrotechniques, que si la culture du sol et le traitement des plantes vont ensemble avec une aération suffisante du sol, naturellement il faut encore en outre pourvoir aux autres exigences de la vie des plantes.

*Tableau 1.* Quantité de l'oxygène (vol.%) dans la phase gazeuse du sol podzolique gazonneux argileux lourd de la ferme-école de Tchapor, août 1960. (1) Profondeur de la prise de l'échantillon cm. (2) Blé de printemps (chaume). (3) Maïs. (4) Herbes pérennes.

*Tableau 2.* Effet des conditions aérobies et anaérobies sur les propriétés du sol podzolique gazonneux (couche labourée). (1) Traitements. (2) pH de la suspension aqueuse. (3) Eh mv. (4) Carbone total selon Knop. (5) Fer à deux valences en 0,1 n  $H_2SO_4$ . (6) Azote nitrique. (7) Acide phosphorique d'après Tchirikov.

*Tableau 3.* Quelques propriétés du sol podzolique gazonneux en relation avec la teneur en oxygène de la phase gazonneuse. (1) Traitements. (2) Humidité du sol %. (3) Acide carbonique évolué pendant 30 jours de l'expérience. (4)  $FeO$  en 0,1 n  $H_2SO_4$ . (5) Azote nitrique. (6) Acide phosphorique selon Tchirikov. (7) Nombre des microorganismes ans 1 g de terre obtenu sur plaque viande-gélose (mille).